

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Životopis vypínače vvn
Vitality switch HV

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Zadání bakalářské práce

Student: **Jaroslav Biener**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907R001 Elektroenergetika
Téma: **Životopis vypínače vvn
Vitality Switch HV**
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Rozeberte provedení vypínačů vvn, s konkretizací na 110 kV.
2. Popište na základě dodaných hodnot stav konkrétního vypínače z rekonstruované rozvodny Dětmárovice.
3. Rozeberte stávající možnosti diagnostiky vypínačů vvn.
4. Definujte možnosti zjišťování spolehlivosti, resp. zbytkové životnosti daných vypínačů.

Seznam doporučené odborné literatury:

Havelka : Elektrické přístroje , SNTL 1985
Novotný : Využití elektronegativního plynu SF6 v elektrotechnice, SNTL 1982
Bárta Vostracký : Spínací přístroje vvn, SNTL 1983


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zdeněk Hytka, CSc.**

Datum zadání: 01.09.2018

Datum odevzdání: 30.04.2019




prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry


prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární
prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě dne: 30. května 2019



Podpis studenta

Abstrakt

Mým úkolem v bakalářské práci je zjištění stávajícího funkčního stavu vypínače vypínače vvn z rozvodny v Albrechticích. Nejdříve jsem popsal konstrukční provedení výkonových vypínačů. Následně jsem se zaměřil na technickou diagnostiku a její metody, konkrétně na diagnostiku vypínačů vvn. Snažil jsem se z dodaných hodnot diagnostického měření zjistit stav zařízení. V závěru své práce jsem popsal možnosti zjišťování zbytkové spolehlivosti vypínačů a snažil se srovnat údaje z katalogů různých firem.

Klíčová slova

Vypínač vvn, technická diagnostika, diagnostika vypínače vvn, zbytková spolehlivost

Abstract

In my bachelor thesis I have to make diagnostics about condition of high voltage circuit breaker from electrical substation in Albrechtice. I started with description of circuit breakers. Then I focused on technical diagnosis and its methods, specifically diagnosis of HV circuit breakers. From diagnosis protocols, which I obtained, I described actual condition of the circuit breaker. In conclusion I described residual reliability of HV circuit breakers and tried to compare catalogue values from different companies.

Key words

High voltage circuit breaker, technical diagnostics, diagnostics of HV circuit breaker, residual reliability

1. Úvod.....	8
1.1. Definice vypínače.....	8
1.2. Rozdělení vypínačů podle zhášení oblouku	9
1.2.1. Magnetické vypínače.....	9
1.2.2. Maloolejové vypínače	9
1.2.3. Tlakovzdušné.....	10
1.2.4. Plynové vypínače s SF ₆	10
1.2.5. Vakuové vypínače	13
1.3. Rozdělení vypínačů podle pohonu	13
1.3.1. Pneumatický pohon	13
1.3.2. Střádačkový pohon	13
1.3.3. Hydraulický pohon	14
2. Technická diagnostika.....	15
2.1. Diagnostika vypínače vvn	15
2.1.1. Primární testy	16
2.1.1.1. Měření statického odporu	16
2.1.1.2. Měření částečných výbojů v izolaci	17
2.1.1.3. Měření vlastností izolačního média	17
2.1.2. Dynamické testy	17
2.1.2.1. Dynamické měření odporu	17
2.1.2.2. Vibrační charakteristiky	18
2.1.2.3. Měření dráhy pohybu kontaktů	19
2.1.2.4. Měření proudu motoru.....	19
2.1.2.5. Měření časů vypínače	20
3. Zjišťování stávajícího stavu konkrétního vypínače.....	21
3.1. Protokoly z diagnostického měření	22
4. Zjišťování zbytkové životnosti daných vypínačů.....	35
5. Závěr.....	38
6. Seznam použité literatury	39

Seznam obrázků

Obrázek 1 Máloolejový vypínač vvn [1].....	9
Obrázek 2Příklady tlakovzdušných vypínačů [1].....	10
Obrázek 3 Příklad zapouzdřeného výkonového vypínače s SF ₆ [3]	11
Obrázek 4Vypínač ALSTOM GE SF ₆ [6].....	12
Obrázek 6 Příklad pneumatického pohonu [1]	13
Obrázek 7 Příklad střadačkového mechanismu [1]	14
Obrázek 8 Příklady hydraulických pohonů [5]	14
Obrázek 9 Postup při technické diagnostice [7]	15
.....	16
Obrázek 10 Zapojení pro měření statického odporu vypínače uzemněného z obou stran [4].....	16
Obrázek 11 Dynamické měření odporu vypínače [4].....	18
Obrázek 12 Průběh vybrací vypínače [4]	18
Obrázek 13 Měření dráhy pohybu kontaktů vypínače [4].....	19
Obrázek 14 Měření proudů motorů mechanismu vypínače [4]	20
Obrázek 15 Měření časů vypínače [4].....	20

Seznam tabulek

Tabulka 1 Parametry vypínače	21
Tabulka 2. Další hodnoty udávané ve výrobním katalogu	21

1. Úvod

1.1. Definice vypínače

Úkolem spínacího přístroje je uzavírat, přerušovat elektrický obvod a trvale přenášet jmenovitý výkon. Musí spínat zátěže všech velikostí od proudů naprázdno, přes jmenovité proudy až ke zkratům. V klidovém stavu pak naopak musí splňovat požadavky na minimální ztrátovost při průchodu energie a celkovou odolnost vůči vnějším vlivům jak mechanickým, tak chemickým. [1]

Vypnuto

- Vedení je spolehlivě přerušeno. Proud protékající obvodem $I=0$, na kontaktech se nachází plné napětí zdroje. Za normálních podmínek nesmí dojít k průrazu prostředí mezi kontakty, živými částmi přístroje nebo kostrou.

Zapnuto

- Obvod je spolehlivě propojen. Přístrojem prochází proud, který způsobuje oteplení, jež nesmí tepelně znehodnotit nejnáchylnější jsou kontakty.
- Zavádíme další dva dynamické stavy, které popisují přechod z jednoho statického stavu do druhého

Zapínání ($0 \rightarrow I$)

- Pohyb pohyblivého kontaktu z polohy vypnuto do polohy zapnuto, nastává mechanický styk kontaktů. Kontakty se přibližují a zvyšuje se intenzita elektrického pole až nastane elektrický přeskok a začne hořet oblouk. Rychlost sepnutí musí být dostatečná na to, aby účinky zapínacího oblouku byly co nejmenší.

Vypínání ($I \rightarrow 0$)

- Opačný pochod jako při zapínání. Přerušení proudu způsobí násilnou změnu ustáleného energetického toku. Začne hořet oblouk, což je druh elektrického výboje, který způsobí, že proud protéká obvodem i po oddálení kontaktů až do okamžiku uhašení oblouku. [1]

Základní díly vypínače:

- Proudovodné části
- Izolace přístroje
- Slouží k mechanickému upevnění a elektrickému oddělení proudovodných částí
- Mechanismus
- Přemísťuje kontakty z jedné polohy do druhé
- Zhášedlo
- Zařízení, které působí na elektrický oblouk, tak aby i při velkých proudech (kA) zhasl v řádech setin sekundy.
- Výzbroj
- Rozšíření přístrojů pro speciální účely

Elektrotechnické údaje vypínače:

- Jmenovitá frekvence [Hz]
- Nejvyšší napětí soustavy [kV]
- Jmenovitý proud [A]
- Jmenovitý vypínací zkratový proud [kA]
- Jmenovitý zapínací proud [kA]
- Jmenovitá doba zkratu [s]
- Jmenovitý sled spínání [s]
- Jmenovitý tlak plynu SF6 při 20°C [MPa]
- Druh pohonu

Jmenovitý vypínací výkon je součin jmenovitého proudu prvku a zotaveného napětí, to je napětí, které vzniklo mezi kontakty po přerušení obvodu. [5]

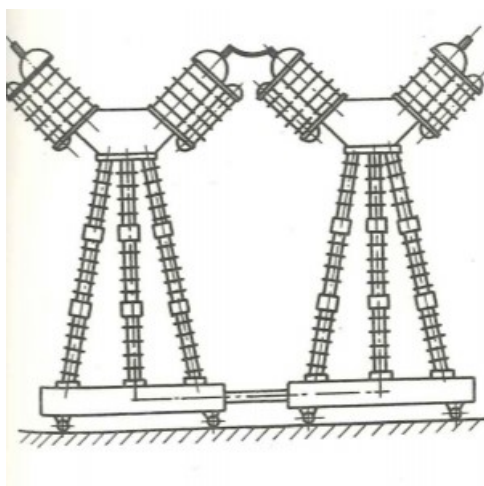
1.2. Rozdělení vypínačů podle zhášení oblouku

1.2.1. Magnetické vypínače

Zhášení oblouku pomocí magnetického vyfukování je založeno na působení magnetického pole oblouku s magnetickým polem jiné části proudovodné dráhy vypínače. Zhášecí magnetické pole je generováno zhášecí cívkou, ta zmenšuje magnetické pole oblouku, který je pak pomocí elektrodynamických sil vtahován do zhášecí komory, kde se rozkládá na sérii menších oblouků. [1]

1.2.2. Maloolejové vypínače

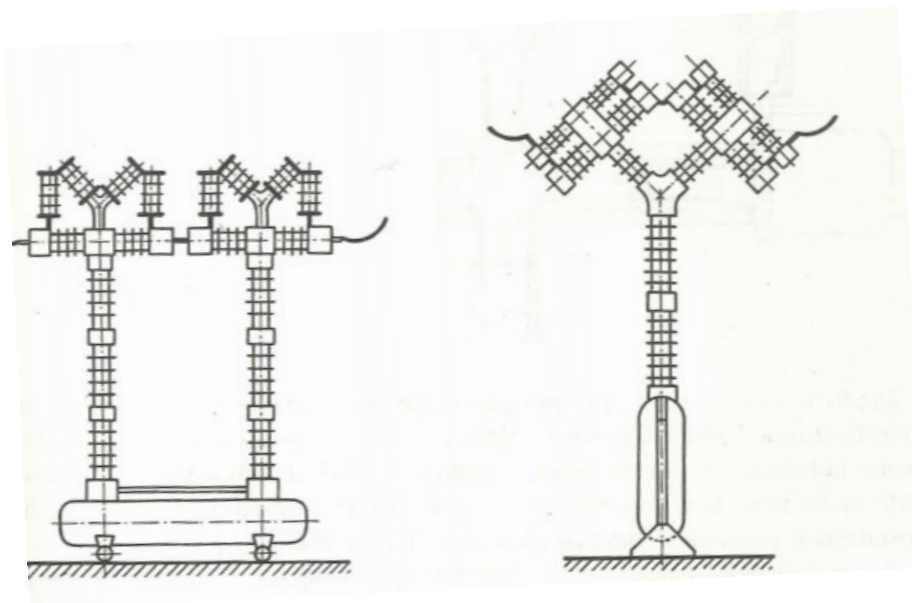
U máloolejových vypínačů je olej použit jako zhášecí médium a izolant v rozpojené kontaktní dráze. Kontaktní soustava tvořena z pevných palcových kontaktů je vložena do zhášecí komory. Klikový mechanismus od hřídele, natočený pomocí vnějšího pohonu, ovládá vypínací roubík. Když se rozhoří oblouk, v zhášecí komoře se zplyňuje olej, proto roste tlak, ten zvyšuje odpor oblouku, jenž při průchodu proudu nulou uhasíná. Výpary vzniklé hořením a olej vypínače deionizují dráhu oblouku a zabraňují opětovnému hoření. [1]



Obrázek 1 Máloolejový vypínač vvn [1]

1.2.3. Tlakovzdušné

U tlakovzdušných vypínačů je jako zhašecí médium je použit stlačený vzduch, ten musí být zajištěn předem, bývá skladován v zásobníku tlakového vzduchu, do kterého je přiváděn kompresorem. Stlačený vzduch je využit nejen na vlastní ofukování oblouku ale i k ostatním mechanickým úkonům jako spínací pohyb kontaktů. Při zhašení oblouku se nejdříve vysune nožový kontakt, následně se hořící oblouk vyfukuje do zhašecí komory, kde se pomocí roštu rozkládá na několik menších smyček. Protože elektrická pevnost stlačeného vzduchu je velmi vysoká, pohyb kontaktů má kratší dráhu. V dnešní době jsou však poslední v provozu používané kusy nahrazovány zapouzdřenými vypínači s SF₆. [1]

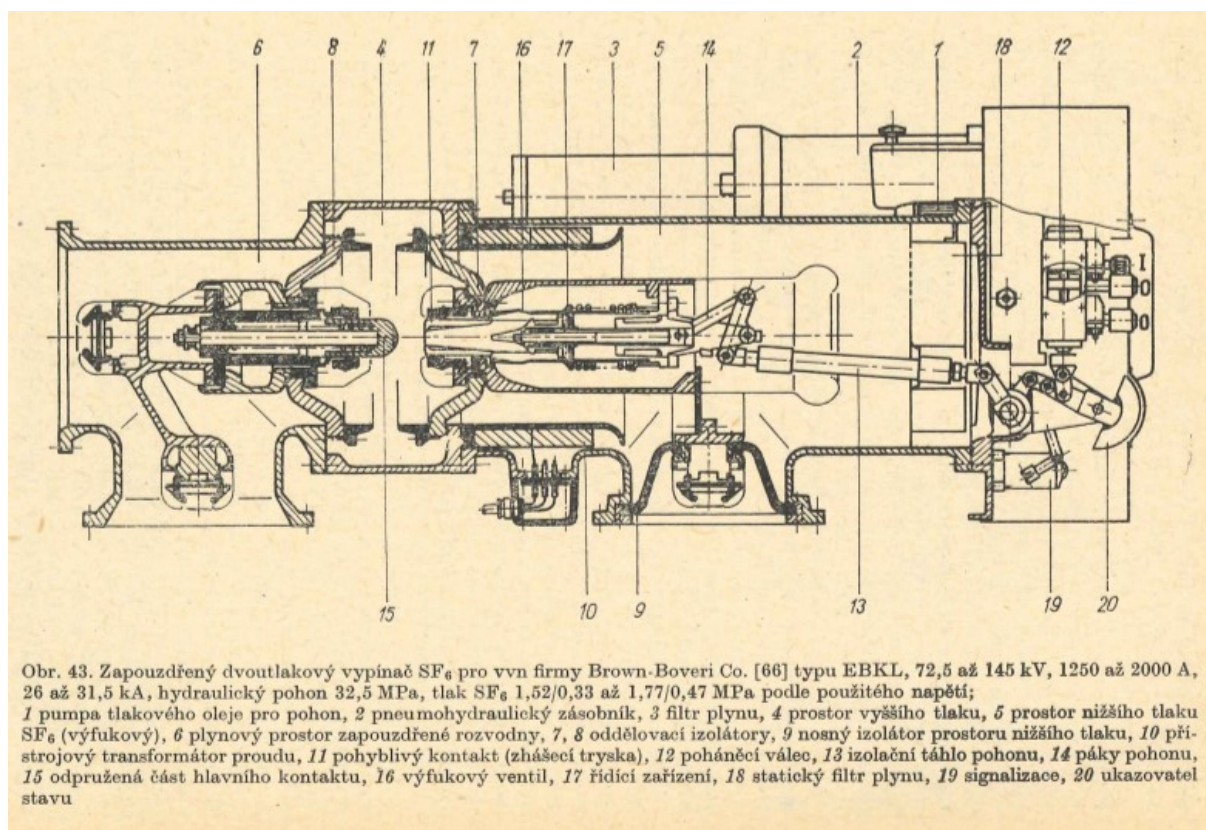


Obrázek 2 Příklady tlakovzdušných vypínačů [1]

1.2.4. Plynové vypínače s SF₆

U zapouzdřených vypínačů je jako izolační a zhašecí médium využívají elektronegativní plyn SF₆, fluorid sírový, který má pro tyto účely vhodné vlastnosti. Řadí se mezi nejstabilnější chemické sloučeniny, je nehořlavý, nejedovatý, bezbarvý a bez zápachu, velice dobře odvádí teplo, za normálního tlaku a u při 20 °C je asi 5krát těžší než vzduch a jeho elektrická pevnost je 2-3krát větší než u vzduchu. Díky těmto vlastnostem je fluorid sírový použit v celém spektru přístrojů vn i vvn, i v dalších rozvodných zařízeních, mezi které patří transformátory nebo kabely izolované plynem.

Průzkum elektronegativních plynů začal v USA kolem roku 1930 v USA a SSSR. Jako nejvýhodnější se jevil právě fluorid sírový SF_6 . Vývoj zařízení s SF_6 byl zdržen druhou světovou válkou, a proto došlo využití v praxi až v padesátých letech v USA: V začátcích se řešily problémy týkající se izolační techniky transformátorů a zhášení elektrického oblouku vvn, kde se do popředí dostala americká firma General Electric Co. Následně firma Westinghouse přesunula soustředění výzkumu na spínací techniku. V Evropě začal vývoj průmyslových aplikací SF_6 v šedesátých letech. V této době se začaly zavádět spínací přístroje s SF_6 společně s prvními zapouzdřenými rozvodnami, jako společné komplexní spínací zařízení 110 až 220 kV. Sedmdesátá léta jsou spojena s vysokým rozvojem techniky SF_6 v mnoha odvětvích rozvodné techniky společně s dalšími aplikacemi vn, vvn, zvn. Rozvoj byl věnován zapouzdřeným rozvodnám a rozšířil se až na 420 kV a 750 kV. [1]



Obrázek 3 Příklad zapouzdřeného výkonového vypínače s SF_6 [3]

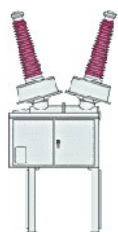
Způsoby zhášení oblouku v SF₆

- Prosté oddálení kontaktů – Nejjednodušší, nejméně efektivní, proto se v průmyslu nevyužívá
- Zhášedlo využívající energii oblouku – Oblouk je zhášen proudem expandujícího SF₆, který je způsoben tepelným působením oblouku
- Zhášení v kapalném SF₆ – Mechanismus je podobný jako u olejových vypínačů. V praxi se nepoužívá, protože kapalný SF₆ má stejné izolační pevnost, ale mnohem větší hmotnost.
- Kroužení oblouku – Pohyb plynu byl nahrazen pohybem oblouku. Vektor síly, vytvořený elektromagnetickým polem cívek společně s polem oblouku, způsobuje krouživý pohyb oblouku, tím je uskutečněno příčné ofukování oblouku.
- Autopneumatické zhášedlo - Jedním z nejrozšířenějších konstrukčních pojetí. Proud SF₆, vyvolaný pístem ve válci, uhasíná oblouk
- Dvoutlaková soustava – Ke zhášení se používá ofukování proudem SF₆, ten vzniká při přečerpávání z nádoby s vysokým tlakem (1,5-2 MPa) do nádoby s nízkým tlakem (0,2 - 0,4 MPa) [1]



izolátor pólového sloupce. [9]

Zvláštní technické vlastnosti provedení „Live-Tank“: U vypínačů „Live-Tank“ je jednotka zhášedla umístěna v izolátorovém plášti. Materiál tohoto pláště může být v provedení z porcelánu nebo z kompozitu se skleněným vláknem. Jednotka přerušovače se nachází na elektrickém potenciálu, je tedy „live“ neboli „živá“. Napěťová hladina, pro které jsou tyto vypínače určeny, určuje průraznou vzdálenost izolátoru jak pro jednotku přerušovače, tak pro podpěrný



Zvláštní technické vlastnosti provedení „Dead-Tank“: Signifikanční vlastností technologie „Dead-Tank“ je umístění jednotky zhášedla v uzemněném kovovém pouzdře, které se proto označuje jako „dead“ neboli „mrtvé“. V tomto uspořádání tvoří izolaci mezi komponenty jednotky přerušovače a kovovým pouzdrem náplň SF₆. Spojení jednotky přerušovače s přípojkami vvn probíhá přes venkovní průchodky. [10]



Obrázek 4 Vypínač ALSTOM GE SF₆ [6]

1.2.5. Vakuové vypínače

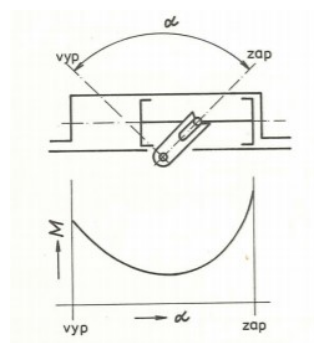
U vakuových vypínačů je ke zhášení oblouku využita velká rychlost difuze ve vakuu. Plazma oblouku se roztáhne a zaplní takřka celý obsah vakuové nádoby, kde se nachází kontakty vypínače. Zde je malé množství elektricky nabitých částic, proto hoření oblouku přestane již po první nule proudu. Ke kladným vlastnostem vakuových zhášedel lze zařadit nehořlavost, tichost při funkci, také se málo opotřebovávají a nevyfukují plameny nebo ionizované plyny. Nehodí se však pro vypínání stejnosměrného proudu. [1]

1.3. Rozdělení vypínačů podle pohonu

Pružinové a magnetické obvody se používaly zejména u nižších napěťových hladin pro jejich nízkou cenu a vysokou spolehlivost. Vypínače velmi vysokého napětí byly ze začátku ovládány pomocí pneumatických pohonů, ale kvůli jejich vysokým požadavkům na údržbu se začal později využívat střádačkový systém.

1.3.1. Pneumatický pohon

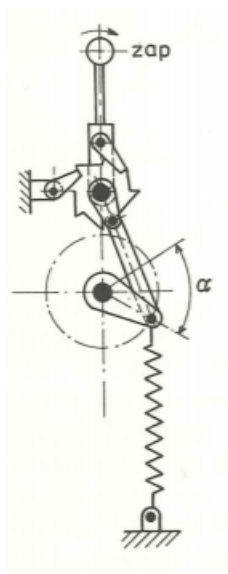
U pneumatického pohonu se jako hnací médium využívá suchý vzduch. Vzduch je natlakován do zásobníku, který je doplňován ze vzdušníku, tím se zajistí možnost opakovat více operací za sebou. U vypínačů napěťové hladiny 145 kV je použit tlak 1,1 MPa. Ve třífázových vypínačích na 420 kV se tlak pohybuje na hodnotě až 2 MPa. Kvůli velkým nevýhodám jako jsou vysoká cena, náročná údržba vzdušníků a pneumatických cest, které vedou stlačených vzduch, a nutnost udržovat kompresory a ventily, přestal se tento pohon využívat a byl nahrazen jinou technologií.



Obrázek 5 Příklad pneumatického pohonu [1]

1.3.2. Střádačkový pohon

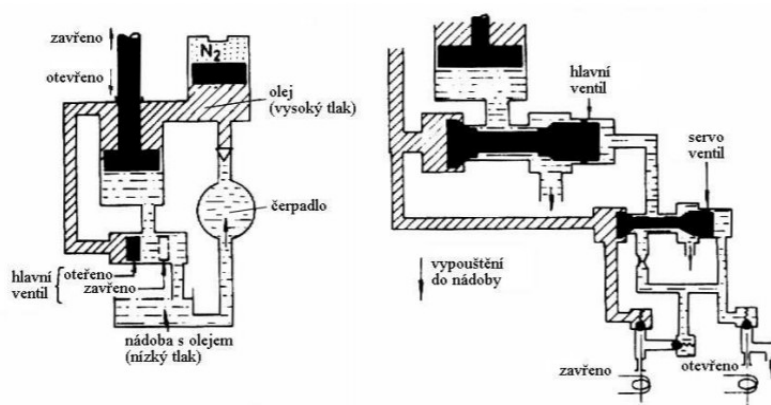
Střádačkový pohon je založen na principu pružin, ve kterých je nashromažďováno dostatečné množství kinetické energie. Mezi další součásti patří hnací motorek s navijákem, mechanické součásti, vypínací a zapínací západky a v neposlední řadě tlumič, který utlumuje rázy při zapínání a vypínání, slouží také jako koncový doraz. Při sepnutí se nejdříve uvolní západka blokující pružinu a nashromažďovaná energie se využije na přiblížení kontaktů a natáhne vypínací pružinu. Jakmile přístroj sepne, zapínací pružina je opět natáhnutá navijákem.



Obrázek 6 Příklad střadačkového mechanismu [1]

1.3.3. Hydraulický pohon

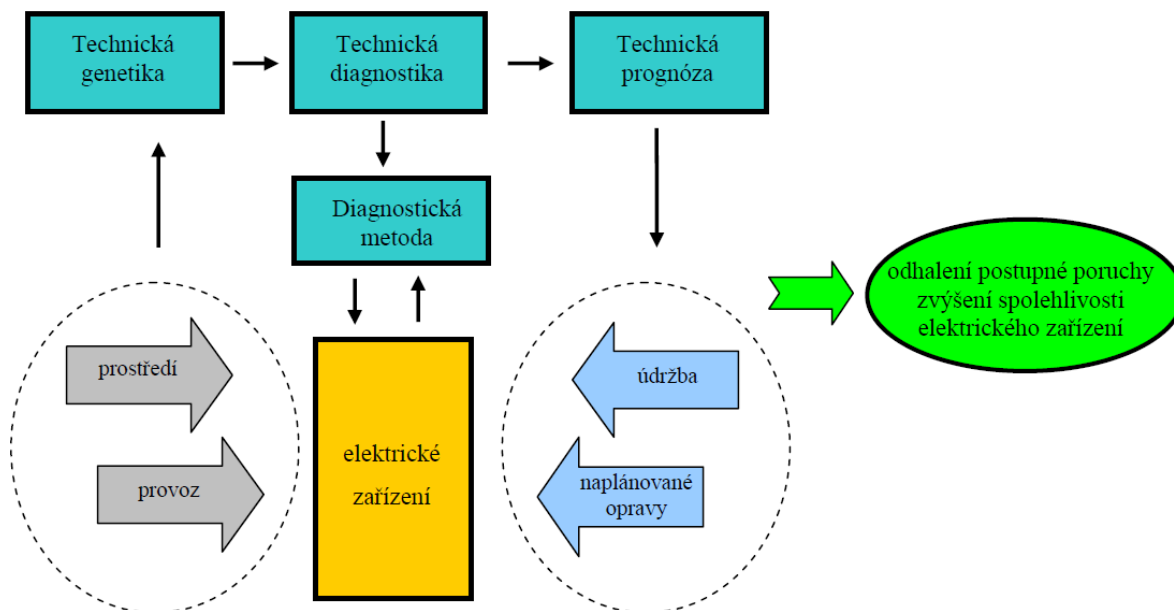
Hydraulický pohon je založen na principu dvou látek, které navzájem na sebe působí. Celý pohon je kontaktní, pokud jde o práci do 320 MPa. Jakmile se začal používat jako médium stlačený dusík N_2 , dosáhl tento pohon velkého rozšíření. Na obrázku 8 vidíme, že v akumulátoru, kde volný píst odděluje dusík od oleje, je uložena energie. Základní mechanismus je vytvořen z jednotky, která je složena z akčního členu a řídicích ventilů, na tu je pak připevněna nízkotlaká nádoba. Prosakování oleje je zmenšeno na co nejnížší úroveň pomocí olejových kanálů, které jsou přímo vyvrtány uvnitř bloku ventilů. Olej a stlačený dusík se stýkají u pohyblivého pístu, jenž pak zajišťuje pohyb kontaktů. Nízkotlaký okruh s dusíkem tlačí do vysokotlakého okruhu s olejem, ten pak působí na sekundární píst napojený na pohyblivý kontakt vypínače. Zapínání a vypínání vypínače je pak zajištěno pomocí regulace tlaku z druhé strany pístu. [1]



Obrázek 7 Příklady hydraulických pohonů [5]

2. Technická diagnostika

Abychom mohli zajistit spolehlivý chod přístroje, musíme mít věrohodné informace o jeho funkčním stavu a vlastnostech. Diagnóza zjišťuje aktuální stav zařízení, prognóza pak předpovídá jeho budoucí stav. Technická genetika pak říká, jak se vyvíjel stav zařízení doposud a kteří degradační činitele na něj působí. Cílem diagnostiky však není měření stavu zařízení, ale zabraňování poruch, plánování a provádění oprav a tím pádem snaha co nejvíce zmenšit náklady na údržbu. Technická diagnostika tedy zjišťuje aktuální stav zařízení na objektivním vyhodnocování výsledků měření jednotlivých veličin.



Obrázek 8 Postup při technické diagnostice [7]

2.1. Diagnostika vypínače vvn

Diagnostické metody pro posouzení stavu vypínače můžeme rozdělit na testy statické, kdy testovaný vypínač je v klidu a všechny pohyblivé části vypínače jsou ve stabilní poloze, a testy dynamické, kdy se jedná o provozní zkoušky nebo jejich simulace, s vypínačem provádíme funkční operace ZAP, VYP a jejich kombinace. Dle již zmiňovaného Řádu preventivní údržby ve skupině ČEZ jsem z prováděných činností diagnostiky vvn vypínačů vybral činnosti v následujícím rozsahu:

Diagnostické metody posuzování funkčního stavu vypínače lze rozdělit na primární testy (statické), při nichž jsou všechny části zařízení v klidu, ve stále poloze, a testy sekundární (dynamické), to jsou pak provozní zkoušky nebo jejich simulace. Při tomto měření se spínač zapíná a vypíná, nebo jde o spojení obou úkonů. Z Řádu preventivní údržby ve skupině ČEZ jsou zde zmíněny tyto metody pro diagnostiku vypínačů vvn: [4]

Statické testy

- Statický odpor hlavní proudové dráhy
- Částečné výboje v izolaci
- Měření vlastností izolačního média

Dynamické testy

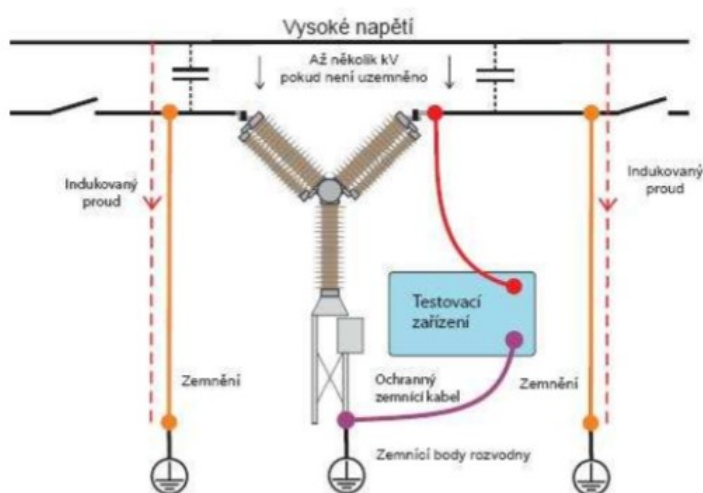
- Dynamický odpor hlavní proudové dráhy
- Vibrační charakteristiky
- Časové průběhy hlavního kontaktu, ovládacích obvodů, mechanismu pohonu

2.1.1. Primární testy

Statické (primární) testy se zabývají veličinami, při kterých je celé zařízení, a hlavně jeho součásti v klidu. Tyto testy tedy vypovídají o stavu zařízení v jeho ustálené poloze. Nemusí se nutně týkat pouze o elektrotechnické měření, kontrolují se i mechanické a chemické vlastnosti izolačního média.

2.1.1.1. Měření statického odporu

Statický odpor je jeden z hlavních elektrických parametrů. Uvádí informace o velikosti ztrát vznikajících v přechodném odporu kontaktů spínače a v proudovodných cestách. Velikost přechodového odporu určuje několik faktorů, mezi které patří materiál pólů hlavních kontaktů vypínače, kvalita styku těchto kontaktů, velikost přitlačné síly kontaktů, tzn parametry odvíjejí se od konstrukce přístroje. Statický odpor vypovídá o úrovni poškození a deformaci kontaktů, to je také hlavní důvod pro jeho měření. Vlivem opotřebení se časem na kontaktech mohou vyskytovat škrábance, různé hrboly nebo jiné nečistoty, to vede ke zhoršení kvality odporu, tím se také zvýší energetické ztráty na kontaktech. Začíná se také využívat možnosti demagnetizace proudového jádra bočnicku. Měření je prováděno pomocí mikroohmmetru.



Obrázek 9 Zapojení pro měření statického odporu vypínače uzemněného z obou stran [4]

2.1.1.2. Měření částečných výbojů v izolaci

Částečný výboj je jev který pouze z části přemostňuje izolační médium mezi vodiči nebo elektrodami o různých elektrických potenciálech. Pokud se výboje rozvinou, zapříčiní selhávání dlouhodobě zatížených izolací. V přístrojích velmi vysokého napětí se výbojová činnost projeví svými elektrickými, erozivními a tepelnými účinky.

Metody diagnostiky částečných výbojů se dělí na elektrické a neelektrické.

Jednou z elektrických metod je zjišťování vysokofrekvenčního elektromagnetického pole, které je vyzařováno částečnými výboji v místě poruchy izolačního média. Měření provádíme pomocí vysokofrekvenčních detektorů s kapacitní a induktivní vazbou či pomocí směrových antén. Využíváme např. vysokofrekvenční detektory Lemke, VYZER EGÚ Praha a řadu dalších.

Mezi neelektrické veličiny patří akustická detekce. Částečné výboje jsou doprovázeny akustickými emisemi o různých vlnových délkách, které se šíří do okolí. Pro jejich zjišťování se používají směrové mikrofony, které snímají frekvence v pásmu ultrazvuku nebo různá piezoelektrická čidla. Výhodou je, že elektromagnetické pole nijak neovlivňuje ultrazvukové vlny. [4]

Druhy detekovaných výbojů na vypínačích:

- Plazivý výboj
- Kapacitní výboj
- Koróna

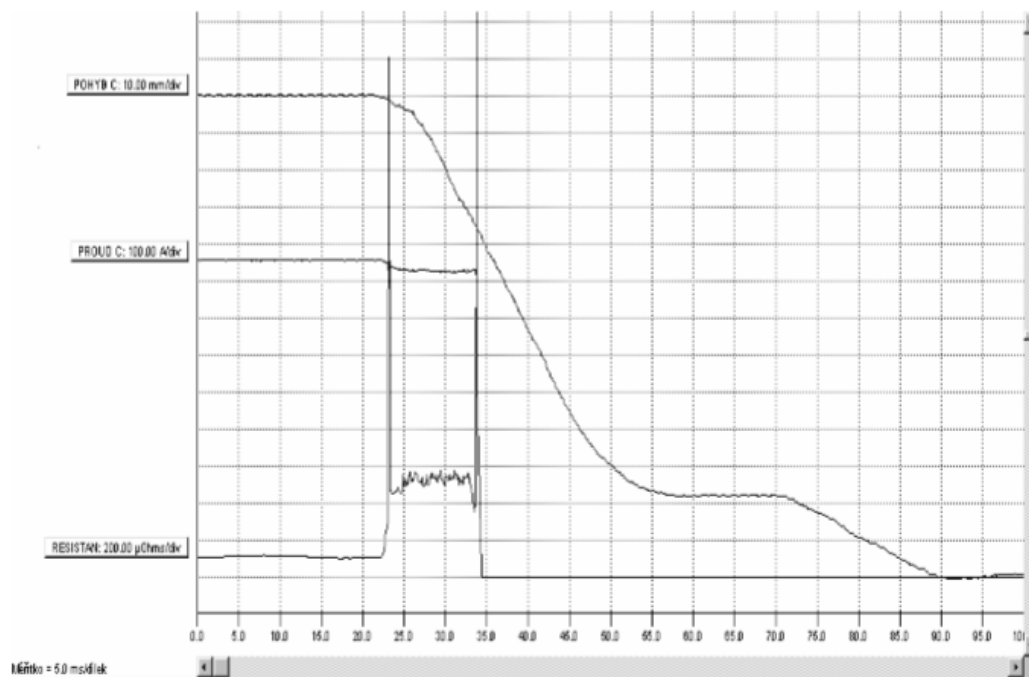
2.1.1.3. Měření vlastností izolačního média

Při měření vlastností izolačního média provádíme chemické, mechanické, či elektrické zkoušky. Izolační médium testujeme rozbořem plynu SF₆, pozorujeme jeho procentuální zastoupení, tlak plynu, obsah vlhkosti v plynu, rosný bod, či procentuální zastoupení nečistot v plynu. Na měření nemá vliv oboustranné uzemnění.

2.1.2. Dynamické testy

2.1.2.1. Dynamické měření odporu

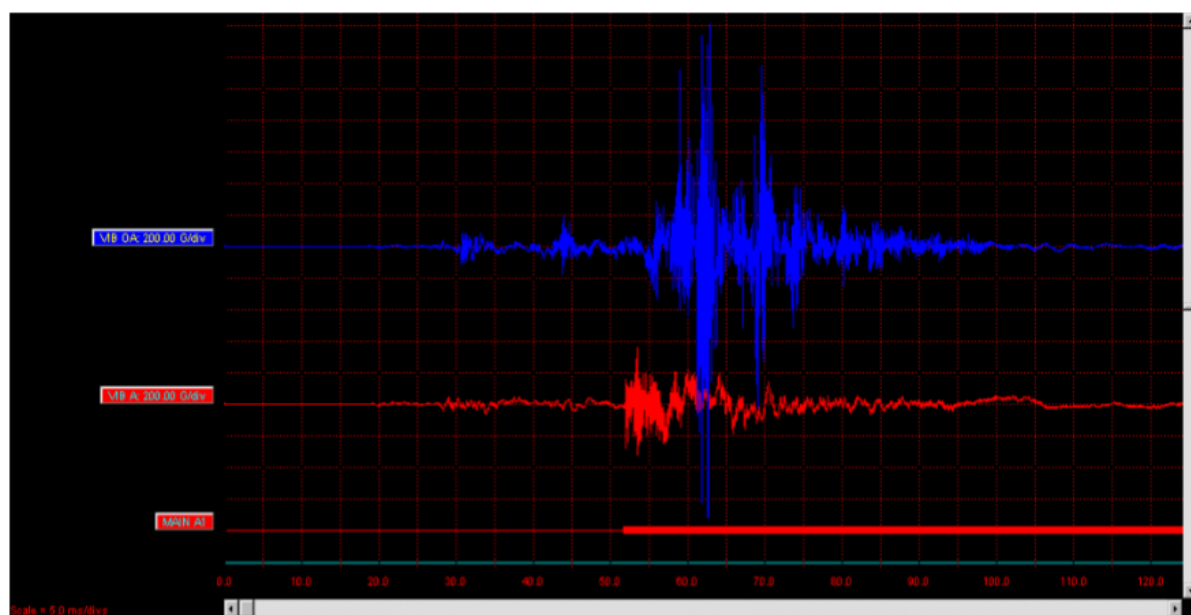
Dynamické měření odporu je motivováno snahou zobrazit dynamické pochody uvnitř komory hlavního kontaktu. Princip metody není složitý, měření probíhá, když je s přístrojem prováděn požadovaný úkon, do hlavních kontaktů je vypouštěn zvolený proud. Průběžně se v každém vzorku měří její hodnota společně s úbytkem napětí na měřeném úseku. Následně se pak pomocí ohmovy metody dopočte hodnota odporu. Jestliže spojíme křivku dynamického odporu společně s křivkou pohybu, můžeme odečítat dobu oddělení hlavního kontaktu (viz. obr 11), hloubku vniku hlavního kontaktu nebo přesah opalovacího kontaktu. DMR nám přibližuje, děje, které se dějí v komoře během úkonů vypínače, či konstrukční řešení kontaktního systému uvnitř komory. Například, měli bychom přístroj bez opalovacího kontaktu, v grafu by odpor strmě skočil do nekonečna. Pokud by byl opalovací kontakt přítomen, hoření oblouku na tomto kontaktu by se projevilo zvýšenou hodnotou odporu vůči poloze zapnuto. [4]



Obrázek 10 Dynamické měření odporu vypínače [4]

2.1.2.2. Vibrační charakteristiky

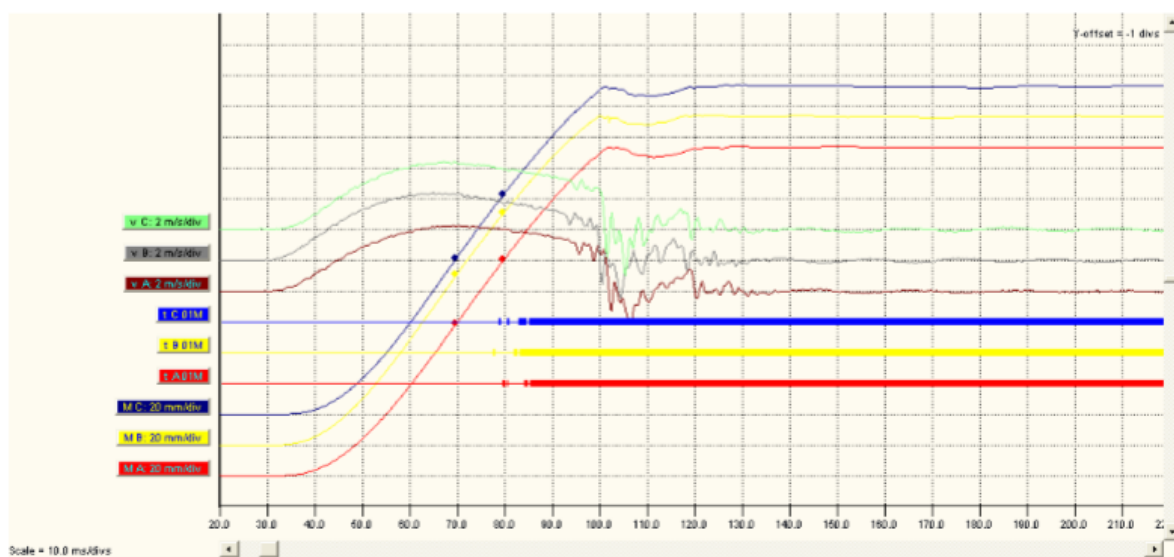
Při měření vibrací, je vibrační čidlo na pól zařízení a na pohon. Z časové závislosti se pak dají zjistit vibrace v momentech uvolnění západky pružinového mechanismu vypínače, při rozběhnutí hlavního kontaktu nebo při přechodu do druhé krajní polohy hlavního kontaktu. V časové oblasti diagnostiky využíváme DTW analýzu. Existují další metody vyhodnocení vibrací, jako metoda srovnávací, která je mnohem názornější. Často se změřené hodnoty porovnávají s historickými hodnotami (např. uvedení do provozu) nebo tyto hodnoty porovnáváme s vibracemi pohonu, či vibracemi různých fází přístroje.



Obrázek 11 Průběh vibrací vypínače [4]

2.1.2.3. Měření dráhy pohybu kontaktů

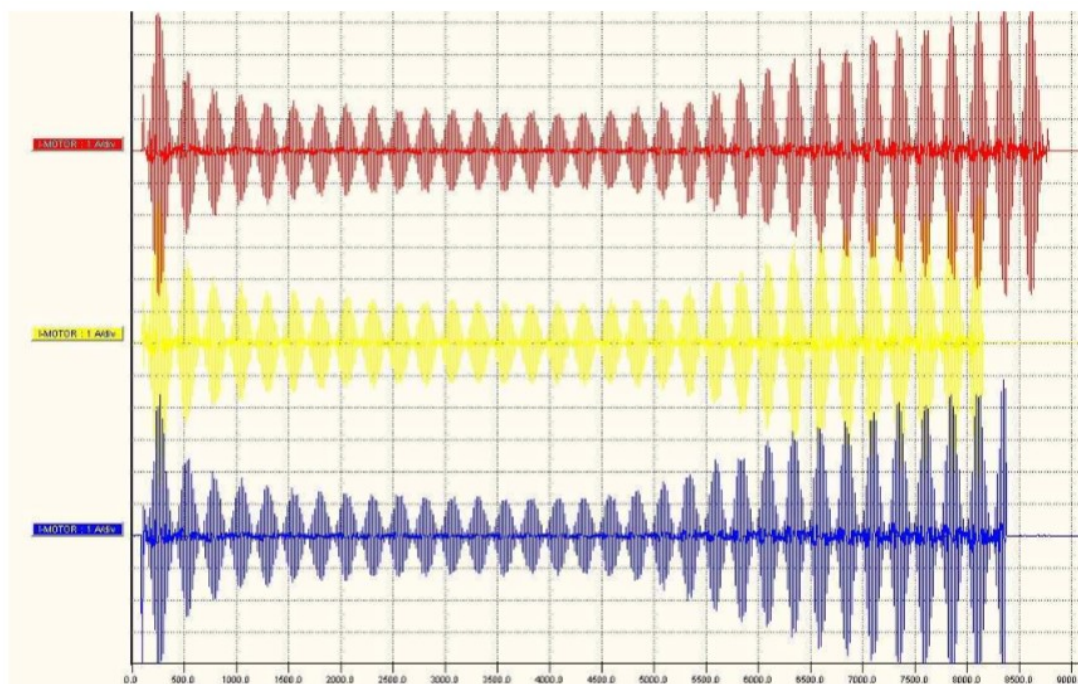
Při měření pohybu kontaktů využíváme buď lineární snímač, který připevníme na táhlo hlavního kontaktu, nebo využíváme rotační snímač, který se připevnil na hřídel mechanismu přístroje. Výrobce přístroje velmi často udává místa měření a použité snímače. Proto, aby se zachovala objektivita měření, musí diagnostický technik provádět měření při obdobných podmínkách. Kvůli konstrukci vypínačů bývá často výběr snímačů velmi omezený. Analyzátor proto musí být schopný pracovat jak s rotačním, tak s lineárním snímačem. Při použití rotačního snímače, výstupní veličinou jsou v tomto případě stupně a musí se použít konverzní tabulka pro převod na milimetry nebo vhodná konverzní konstanta. Z vynesných grafů lze zjistit i průběhy rychlostí, či zrychlení kontaktu v daných časových oblastech.



Obrázek 12 Měření dráhy pohybu kontaktů vypínače [4]

2.1.2.4. Měření proudu motoru

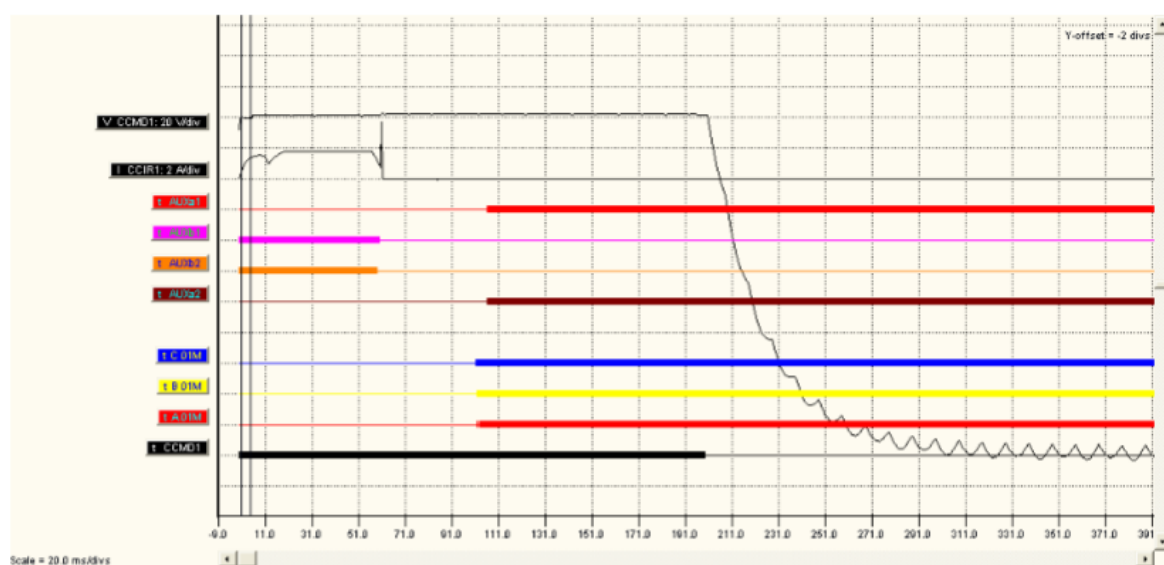
K zjištění reakce vypínačů je nutná i diagnostika samotného pohonu vypínače. Pohon mechanismu napájený stejnosměrným nebo střídavým napětím se musí při daném napětí i proudu naštřádat. Naštřádání je uskutečněno pomocí elektrického motoru. Dubu, při které do motoru proudí napájecí proud se rovná době naštřádání pohonu vypínače. Hodnoty musí splňovat normu udávanou výrobcem. Měření je prováděno připojením proudových sond k přívodnímu napájení motoru a následnému provedení požadovaného úkonu vypínače například opětovné zapnutí. Po této operaci se v pohonu začne naštřádat energie a je zaznamenáván proud, který do pohonu teče.



Obrázek 13 Měření proudů motorů mechanismu vypínače [4]

2.1.2.5. Měření časů vypínače

Při měření časů vypínače je třeba zajistit analyzátor, který je schopný změřit nejen časy kontaktů, jež měřily stopky, ale musí také zobrazit měřené napětí i proudy, které protékaly obvody během operace. Pouze tímto způsobem se dá hodnotit problematika rychlosti mechanismu její závislost na vstupních podmínkách, mezi které patří ovládací proud a napětí. V grafickém zobrazení proudu cívkou lze zpozorovat část spouštění a část, kde se cívka přesyť pro následující operace. Z těchto hodnot se dá i určit odpor cívek. Z časových závislostí je pak možné zjistit i odskoky hlavních nebo pomocných kontaktů vypínače, které tvoří v diagnostice důležité ukazatele. [4]



Obrázek 14 Měření časů vypínače [4]

3. Zjišťování stávajícího stavu konkrétního vypínače



Tabulka 1 Parametry vypínače

rozvodna	Albr.
funkční označení	QM
číslo pole / kobky	15
umístěno v poli	V 693
typ vypínače	S1-123 F3
počet fází	3
výrobce	AEG
jmenovité napětí	123 kV
jmenovitý proud [A]	3150
vypínací proud [kA]	31,5
zapínací proud [kA]	80
otevlovací proud I_{ke} [s]	31,5
čas oteplovacího proudu t_{Ike} [s]	1
počet pohonů	3
ovládací napětí U_{ovl} [V ss]	220
napětí pohonu [V]	220 ss
druh pohonu vypínače	střadač
směr vypínání	dolů
žhásecí médium	SF6
objem SF6 na pól	84 l
způsob měření tlaku	tlakoměr
tlak SF6 plnicí	0.58 Mpa
tlak SF6 signální	0.48 Mpa
tlak SF6 blokovací	0.45 Mpa
celková hmotnost [kg]	1550
rok výroby	1992
datum zprovoznění	5.8.92
výrobní číslo	3000158/

Tabulka 2. Další hodnoty udávané ve výrobním katalogu

	L1	L2	L3
Čas zapnutí (ms)	75	74,5	74
Čas vypnutí (ms)	35	35	35,5
Přechodový odpor ($\mu\Omega$)	36	36	34
Zapnutí vypnutí (ms)	54,5	55	56,5

3.1. Protokoly z diagnostického měření

 ČD S.r.o. SKUPINA ČEZ	ČEZ Distribuční služby, s.r.o. Riegrovo nám. 1493/3, 500 02 Hradec Králové	 Zkušebna E31																														
Diagnostika vypínače																																
Diagnostika strojů a přístrojů		Člen asociace zkušeben VN																														
Výrobce vypínače	AEG	Napěťová hladina 123.00 kV																														
Název Rozvodny	Albrechtice	Označení pole AEA15																														
Typ vypínače	S1-123-F3	Název linky V693																														
Výrobní číslo	3000158/4	Hlášení 140061415618																														
Rok výroby	1992	ID č.ŘPU 316																														
Naměřené hodnoty																																
	L1	L2	L3	rozdíl																												
Zap. [ms]	76.3	75.7	75.7	0.6																												
Vyp. [ms]	34.9	34.7	34.7	0.2																												
Zap.-Vyp. [ms]	49.7	51.2	50.2																													
2.Vyp [ms]	35.0	34.7	34.8	0.3																												
Úbytek napětí hlavní proudové dráhy při 200A [mV]	7.74	8.16	7.92																													
Přechod.odpor ochr.uzemnění [Ω]	0.1	Kontrola blok.vypínač [vyhovuje]		ANO																												
Izol.stav ovl.obvodů [MΩ]	50	Zkouška sníž. nap. [vyhovuje]		ANO																												
Nesouhlas pólů [ms]	1103.6	Pokles,ztráta SF6 [vyhovuje]		ANO																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th rowspan="3">Plyn SF6</th> <th colspan="3">Procentní složení [%]</th> <th colspan="3">Vlhkost [°C]</th> <th colspan="3">SO2 [ppm]</th> </tr> <tr> <th>L1</th> <th>L2</th> <th>L3</th> <th>L1</th> <th>L2</th> <th>L3</th> <th>L1</th> <th>L2</th> <th>L3</th> </tr> <tr> <td colspan="3">99.9</td> <td colspan="3">-46.8</td> <td colspan="3">0</td> </tr> </table>					Plyn SF6	Procentní složení [%]			Vlhkost [°C]			SO2 [ppm]			L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	99.9			-46.8			0		
Plyn SF6	Procentní složení [%]			Vlhkost [°C]			SO2 [ppm]																									
	L1	L2	L3	L1		L2	L3	L1	L2	L3																						
	99.9			-46.8			0																									
Použité měřicí přístroje: souprava TM1800-v.č.9500411, SCA-v.č.3520050, SDRM1-v.č.9500141, Multianalyzátor SF6 Dilo 3-038-R302-v.č.005, Detektor SF6 Dilo 3-033-R002-v.č.3547, Zdroj B10 1001503, MIT 410EN-090809/5858, Teploměr C3120-v.č.10900103																																
Poznámka k měření: Nebylo možno el. vypnout fázi L1 a zapnout L2 - doporučujeme vyčistit a promazat mechanismus cívký (cívky jsou zatuhlé, byly namazány nevhodným přípravkem). Opraveny počítadla ve všech fázích. Provedeno seřízení času nesouhlasu pólů.																																
Vyhodnocení testu: 3 - Špatný stav, zvýšené riziko provozní poruchy																																
Měření provedl	Datum		Teplota okolí [°C]	Vlhkost vzduchu [%]																												
Kokeš Ožana	14.11.2014		9.3	81.3																												



ČDS s.r.o.
SKUPINA ČEZ

Protokol z měření

Výrobce AEG

S1-123-F3

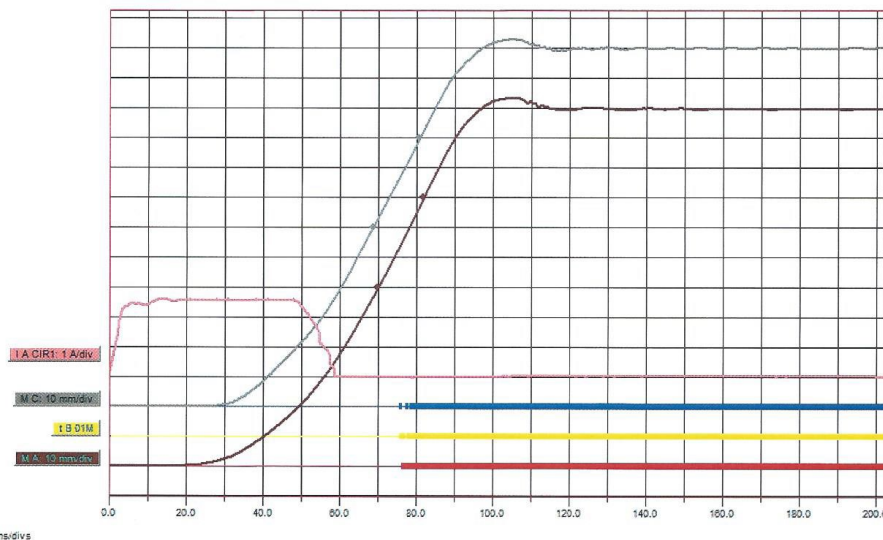
Identifikační údaje

Název rozvodny Albrechtice
Název linky V693
Číslo pole AEA15
Typ vypínače S1-123-F3
Výrobní číslo 3000158/4
Rok výroby 1992
Zhášecí medium SF6

Zap.

Identifikace testu

Datum provedení 14.11.2014
Druh testu 316
Stav počítadla 316
Operátor Kokeš Ožana



Zap. čas L1	(ms)	76.3	Zap. rychlost L1	(m/s)	2.5
Zap. čas L2	(ms)	75.7	Zap. rychlost L2	(m/s)	-- -- --
Zap. čas L3	(ms)	75.7	Zap. rychlost L3	(m/s)	2.5
Rozdíl	(ms)	0.6	Odpor zap. Cívky	(ohm)	97.5
Ovládací napětí	(V)	233.4	Proud cívky	(A)	2.6



ČDS s.r.o.
SKUPINA ČEZ

Protokol z měření

Výrobce AEG

S1-123-F3

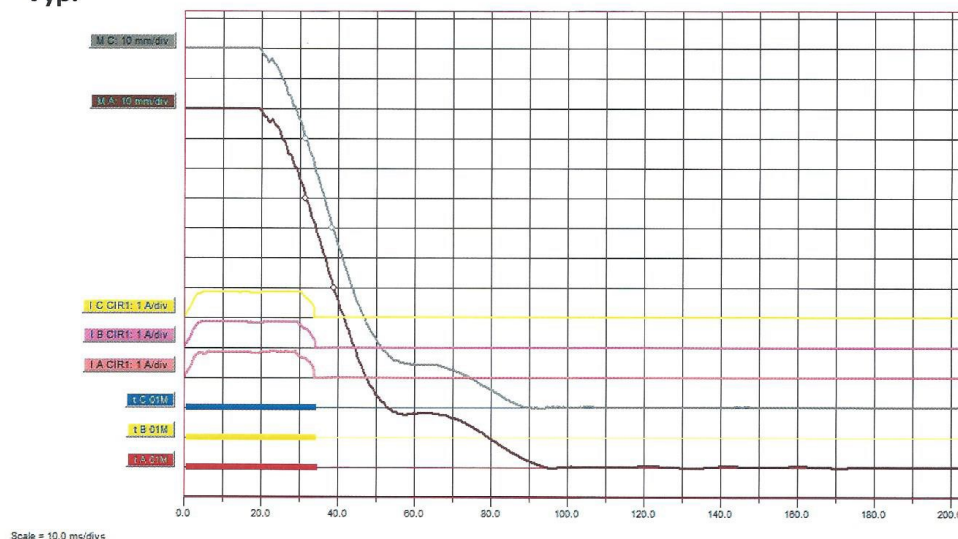
Identifikační údaje

Název rozvodny Albrechtice
Název linky V693
Číslo pole AEA15
Typ vypínače S1-123-F3
Výrobní číslo 3000158/4
Rok výroby 1992
Zhášecí medium SF6

Identifikace testu

Datum provedení 14.11.2014
Druh testu 316
Stav počítadla 316
Operátor Kokeš Ožana

Vyp.



Vyp. čas L1	(ms)	34.9	Vyp. rychlost L1	(m/s)	4.1
Vyp. čas L2	(ms)	34.7	Vyp. rychlost L2	(m/s)	2400.0
Vyp. čas L3	(ms)	34.7	Vyp. rychlost L3	(m/s)	4.3
Rozdíl	(ms)	0.2	Odpor vyp.cívky	(ohm)	270.1,268.2,273.3
Ovl. napětí	(V)	231.9	Proud cívky	(A)	0.9,0.9,0.9



CDS s.r.o.
SKUPINA ČEZ

Protokol z měření

Výrobce AEG

S1-123-F3

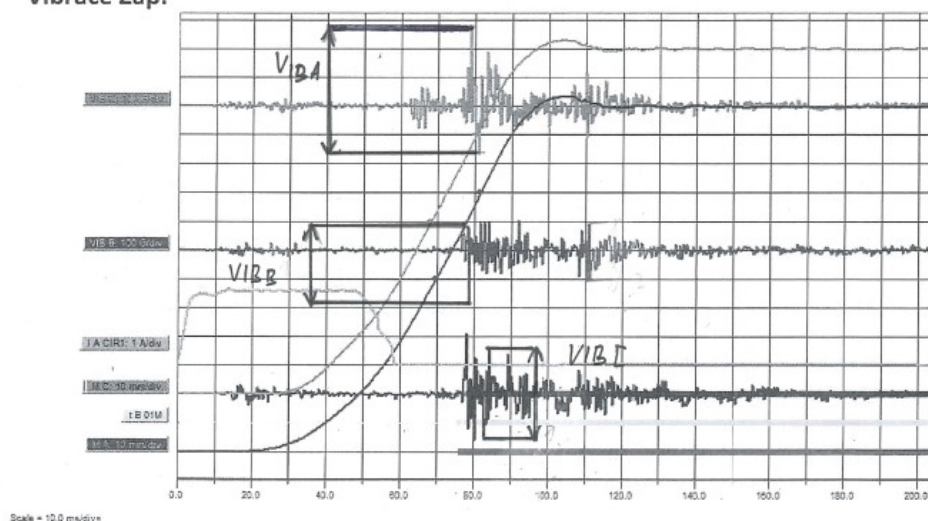
Identifikační údaje

Název rozvodny Albrechtice
Název linky V693
Číslo pole AEA15
Typ vypínače S1-123-F3
Výrobní číslo 3000158/4
Rok výroby 1992
Zhášecí medium SF6

Identifikace testu

Datum provedení 14.11.2014
Druh testu 316
Stav počítadla 316
Operátor Kokeš Ožana

Vibrace Zap.



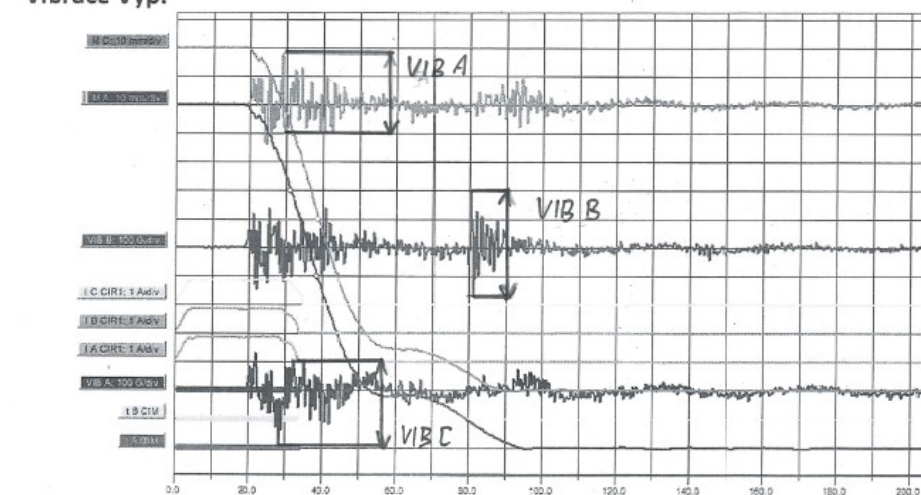
Identifikační údaje

Název rozvodny Albrechtice
Název linky V693
Číslo pole AEA15
Typ vypínače S1-123-F3
Výrobní číslo 3000158/4
Rok výroby 1992
Zhášecí medium SF6

Identifikace testu

Datum provedení 14.11.2014
Druh testu 316
Stav počítadla 316
Operátor Kokeš Ožana

Vibrace Vyp.



$$V_{IB A} = \frac{14}{2.5} \cdot 100 = 140 \text{ G}$$

$$V_{IB B} = \frac{19}{2.5} \cdot 100 = 190 \text{ G}$$

$$V_{IB C} = \frac{14}{2.5} \cdot 100 = 140 \text{ G}$$



ČDŠ a.s.
SKUPINA ČEZ

Protokol z měření

Výrobce AEG

S1-123-F3

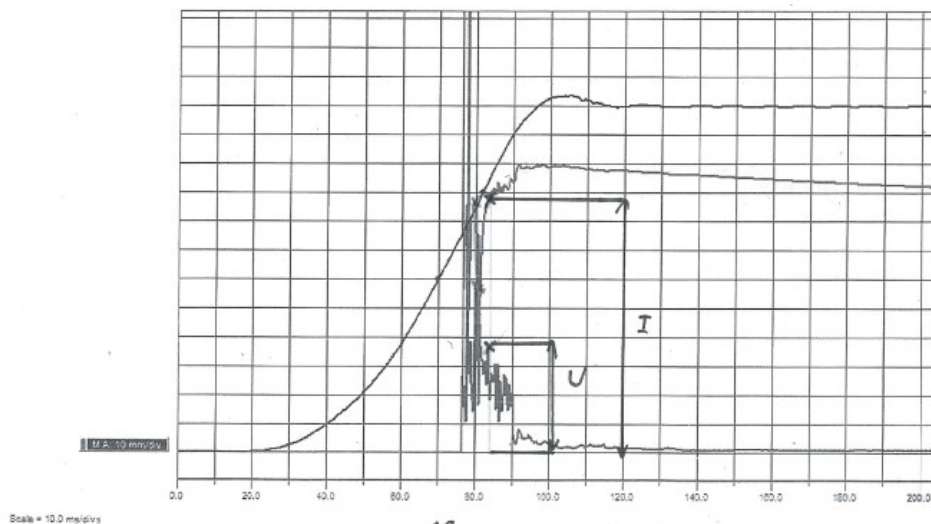
Identifikační údaje

Název rozvodny Albrechtice
Název linky V693
Číslo pole AEA15
Typ vypínače S1-123-F3
Výrobní číslo 3000158/4
Rok výroby 1992
Zhášecí medium SF6

ZAP DRM L1

Identifikace testu

Datum provedení 14.11.2014
Druh testu 316
Stav počítadla 316
Operátor Kokeš Ožana



$$U = \frac{19}{15} \cdot 100 = 380 \text{ mV}$$

$$I = \frac{44}{5} \cdot 20 = 176 \text{ A}$$

$$R = \frac{938}{176} = 2,159 \text{ m}\Omega$$



ČDS s.r.o.
SKUPINA ČEZ

Protokol z měření

Výrobce AEG

S1-123-F3

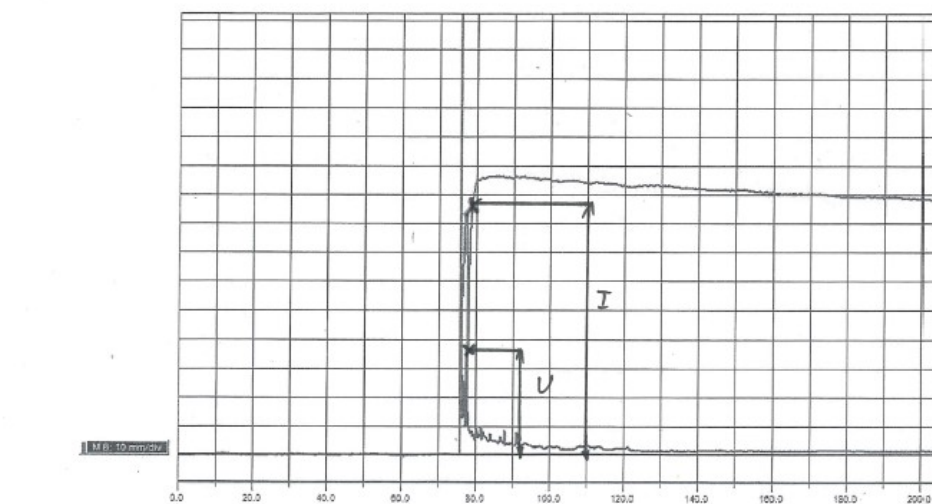
Identifikační údaje

Název rozvodny Albrechtice
Název linky V693
Číslo pole AEA15
Typ vypínače S1-123-F3
Výrobní číslo 3000158/4
Rok výroby 1992
Zhášecí medium SF6

Identifikace testu

Datum provedení 14.11.2014
Druh testu 316
Stav počítadla 316
Operátor Kokeš Ožana

ZAP DRM L2



Scale = 10.0 ms/div

$$U = \frac{18}{5} \cdot 100 = 360 \text{ mV}$$

$$I = \frac{43}{5} \cdot 20 = 172 \text{ A}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{0,36}{172} = 2,093 \text{ m}\Omega$$



ČDS s.r.o.
SKUPINA ČEZ

Protokol z měření

Výrobce AEG

S1-123-F3

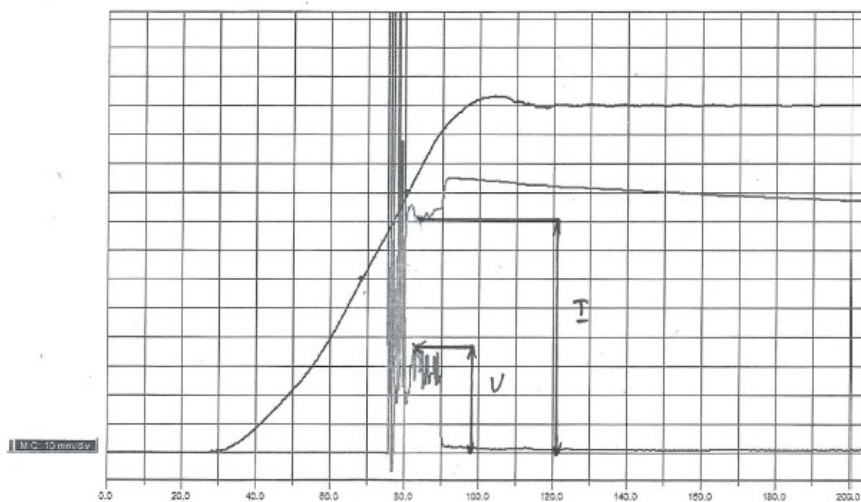
Identifikační údaje

Název rozvodny Albrechtice
Název linky V693
Číslo pole AEA15
Typ vypínače S1-123-F3
Výrobní číslo 3000158/4
Rok výroby 1992
Zhášecí medium SF6

Identifikace testu

Datum provedení 14.11.2014
Druh testu 316
Stav počítadla 316
Operátor Kokeš Ožana

ZAP DRM L3



Scale = 10.0 ms/div

$$U = \frac{10}{5} \cdot 100 = 360 \text{ mV}$$

$$I = \frac{41}{5} \cdot 20 = 164 \text{ A}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{0.36}{164} = 2.195 \text{ m}\Omega$$



ČDS s.r.o.
SKUPINA ČEZ

Protokol z měření

Výrobce AEG

S1-123-F3

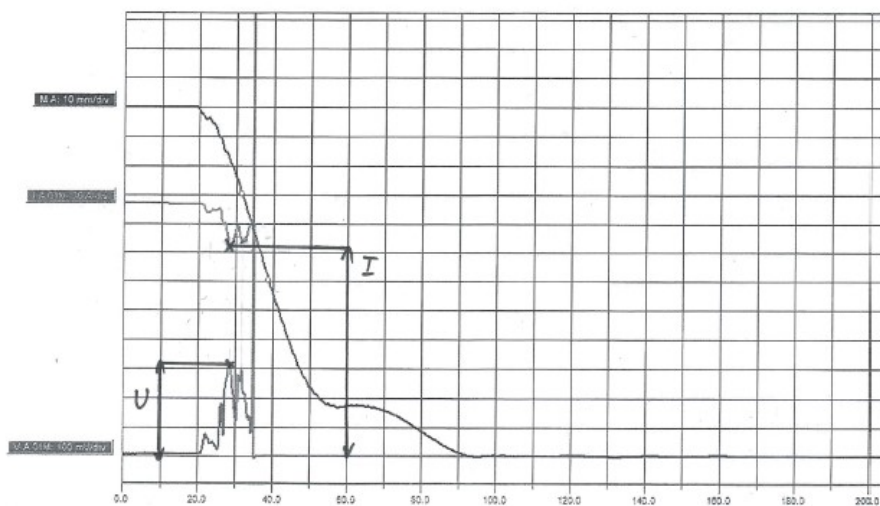
Identifikační údaje

Název rozvodny Albrechtice
Název linky V693
Číslo pole AEA15
Typ vypínače S1-123-F3
Výrobní číslo 3000158/4
Rok výroby 1992
Zhášecí medium SF6

Identifikace testu

Datum provedení 14.11.2014
Druh testu 316
Stav počítadla 316
Operátor Kokeš Ožana

VYP DRM L1



Scale = 10.0 mV/div

$$U = \frac{15}{5} \cdot 100 = 320 \text{ mV}$$

$$I = \frac{35}{5} \cdot 20 = 144 \text{ A}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{0.320}{144} = 2,222 \text{ m}\Omega$$



ČDŠ s.r.o.
SKUPINA ČEZ

Protokol z měření

Výrobce AEG

S1-123-F3

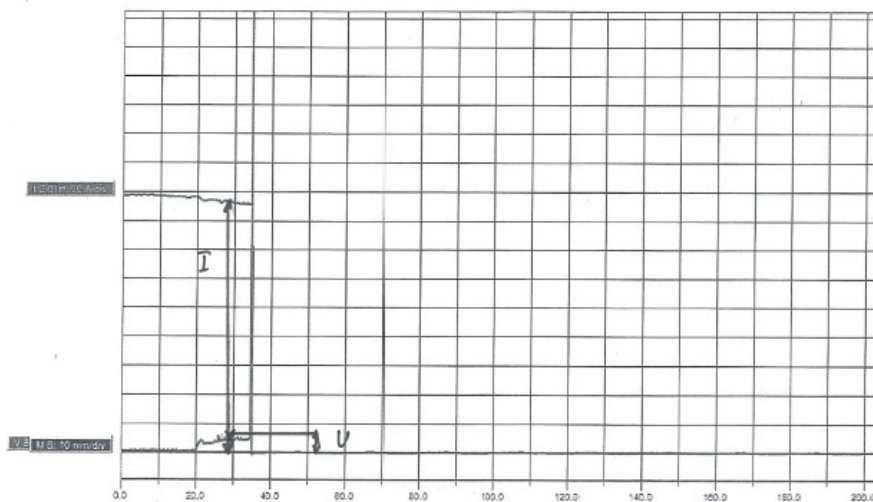
Identifikační údaje

Název rozvodny Albrechtice
Název linky V693
Číslo pole AEA15
Typ vypínače S1-123-F3
Výrobní číslo 3000158/4
Rok výroby 1992
Zhášecí medium SF6

Identifikace testu

Datum provedení 14.11.2014
Druh testu 316
Stav počítadla 316
Operátor Kokeš Ožana

VYP DRM L2



Scale = 10.0 ms/div

$$U = \frac{3}{5} \cdot 100 = 60 \text{ mV}$$

$$I = \frac{43}{5} \cdot 20 = 172 \text{ A}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{0,06}{172} = 348,84 \mu\Omega$$



ČDS s.r.o.
SKUPINA ČEZ

Protokol z měření

Výrobce AEG

S1-123-F3

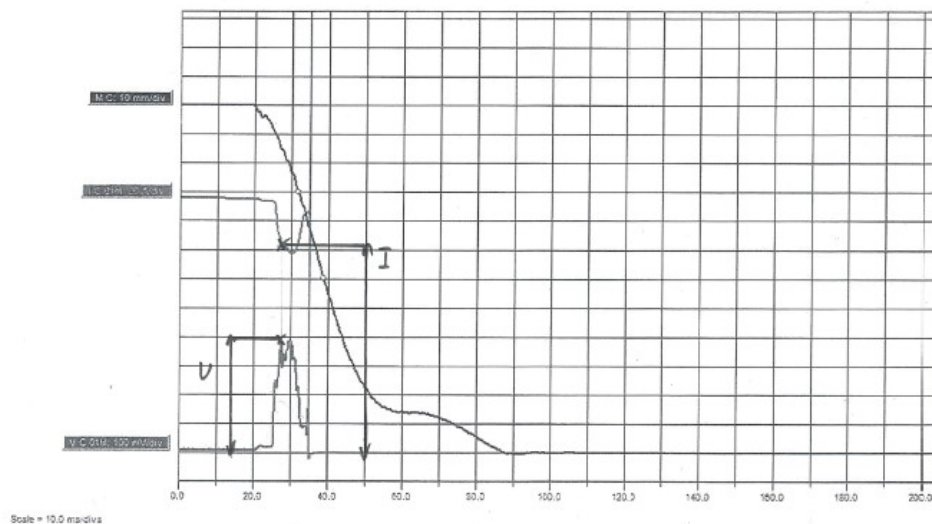
Identifikační údaje

Název rozvodny Albrechtice
Název linky V693
Číslo pole AEA15
Typ vypínače S1-123-F3
Výrobní číslo 3000158/4
Rok výroby 1992
Zhášecí medium SF6

Identifikace testu

Datum provedení 14.11.2014
Druh testu 316
Stav počítadla 316
Operátor Kokeš Ožana

VYP DRM L3



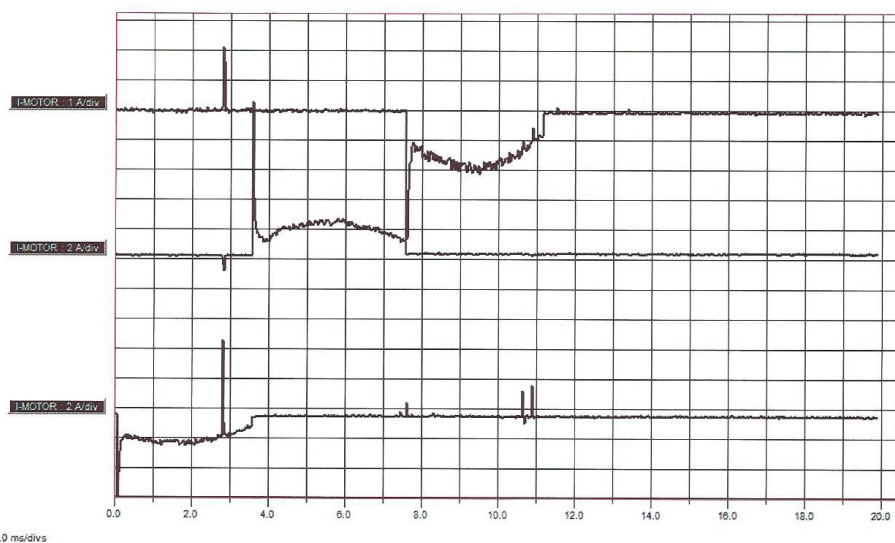
$$U = \frac{19}{5} \cdot 100 = 380 \text{ mV}$$
$$I = \frac{36}{5} \cdot 20 = 144 \text{ A}$$
$$R = \frac{U}{I} = \frac{0.38}{144} = 2.638 \text{ m}\Omega$$



ČDS s.r.o.
SKUPINA ČEZ

Protokol z měření

Proud motoru



Proud Motoru (A)

10.64

Ve své praktické části bakalářské práce jsem měl za úkol zhodnotit konkrétní stav vypínače z rekonstruované rozvodny v Albrechticích. K měření došlo 14. 11. 2014, vyřazení vypínače proběhlo 23. 4. 2015 z důvodu celkové rekonstrukce rozvodny 110 kV. Ve své práci jsem navazoval na předešlého studenta, který tento úkol nedokončil. Nemohl jsem se proto zúčastnit diagnostického měření, také při komunikaci s technikem z Albrechtic mi bylo řečeno, že daný vypínač je již sešrotován a veškerá dokumentace také neexistuje, proto jsem vycházel pouze z hodnot poskytnutých vedoucím práce.

Při měření byly zjištěny hodnoty: úbytků napětí na hlavní proudovodné dráze, fáze L1 $\Delta U_1 = 7,74 \text{ mV}$, fáze L2 $\Delta U_2 = 8,16 \text{ mV}$, fáze L3 $\Delta U_3 = 7,92 \text{ mV}$, přechodného odporu ochranného uzemnění $R_{ZEM} = 0,1 \Omega$, izolačního odporu $R_{IZ} = 50 \text{ M}\Omega$, nesouhlas pólů 1103,6 ms. Přístroj také vyhovuje zkoušce blokování vypínače, zkoušce sníženým napětím. Vlastnosti elektronegativního plynu také vyhovují, jeho procentní složení ve všech fázích je 99,9%, jeho vlhkost $-46,8 \text{ }^\circ\text{C}$, obsah oxidu siřičitého v médiu je 0 ppm.

Při měření doby sepnutí se naměřily časy sepnutí fáze L1 $t_1 = 76,3 \text{ ms}$, fáze L2 $t_2 = 75,7 \text{ ms}$ a fáze L3 $t_3 = 75,7 \text{ ms}$, maximální rozdíl dob sepnutí jednotlivých fází byl $\Delta t = 0,6 \text{ ms}$. Byla naměřena rychlost sepnutí fáze L1 a L3 2,5 m/s. Změřený proud zapnutou cívkou se vyšplhal na hodnotu 2,6 A a hodnota odporu této cívky byla 97,5 Ω . Měřilo se při ovládacím napětí 233,4 V.

Při měření doby vypnutí byly změřeny časy vypnutí fáze L1 $t_1 = 34,9 \text{ ms}$, fáze L2 $t_2 = 34,7 \text{ ms}$ a fáze L3 $t_3 = 34,7 \text{ ms}$, maximální rozdíl dob vypnutí jednotlivých fází byl $\Delta t = 0,2 \text{ ms}$. Naměřená rychlost vypnutí byla u fáze L1 4,1 m/s a fáze L3 4,3 m/s. Změřený proud se ve všech cívkách rovnal hodnotě $I = 0,9 \text{ A}$, dále byly zjištěny odpory jednotlivých cívek L1 - $R_1 = 270,1 \Omega$, cívka L2 - $R_2 = 268,2 \Omega$, cívka L3 - $R_3 = 273,3 \Omega$. Měření bylo prováděno při ovládacím napětí 231,9 V.

Při měření, kdy se měřila doba sepnutí a následného vypnutí, byly naměřeny tyto hodnoty fáze L1 - $t_1 = 49,7 \text{ ms}$, L2 - $t_2 = 51,2 \text{ ms}$, L3 - $t_3 = 50,2 \text{ ms}$. Tyto doby byly odečteny mezi 50% amplitudy nástupné a sestupné dráhy pohybu kontaktů. Dále byla změřena doba druhého vypnutí u fáze L1 $t_1 = 35 \text{ ms}$, fáze L2 $t_2 = 34,7 \text{ ms}$ a fáze L3 $t_3 = 34,8 \text{ ms}$, rozdíl mezi jednotlivými dobami byl $\Delta t = 0,3 \text{ ms}$.

Při měření vibrací při spínání byly změřeny maximální hodnoty peak to peak a následně vypočítány hodnoty amplitudy vibrací fáze L1=220 G, fáze L2=130 G, fáze L3=155 G. Při rozpínání byly tyto amplitudy jednotlivých fází L1=140G, fáze L2=190 G, fáze L3=140G.

Při měření dynamického odporu jsem odečetl hodnoty napětí a proudu na kontaktech a následně z nich vypočítal odpor. Při spínání jsem zjistil hodnoty odporů jednotlivých fází L1 - $R_1 = 2,159 \text{ m}\Omega$, fáze L2 - $R_2 = 2,093 \text{ m}\Omega$, fáze L3 - $R_3 = 2,195 \text{ m}\Omega$. Při rozpínání jsem zjistil tyto hodnoty, fáze L1 - $R_1 = 2,222 \text{ m}\Omega$, fáze L2 - $R_2 = 348 \mu\Omega$, fáze L3 - $R_3 = 2,639 \text{ m}\Omega$.

Nakonec se provedlo měření motoru spínače, zde byl naměřen maximální proud $I = 10,64 \text{ A}$. Příslušný technik diagnostického týmu vyhodnotil stav přístroje jako 3 špatný stav, hrozí nebezpečí provozní poruchy. Měření proběhlo při teplotě okolí $9,3 \text{ }^\circ\text{C}$ a vlhkosti vzduchu 81,3 %.

4. Zjišťování zbytkové životnosti daných vypínačů

Jednou z používaných definic spolehlivosti je tato: Spolehlivost je pravděpodobnost, že činnost zařízení bude během určené doby v daných provozních podmínkách přiměřená svému účelu. [Barta]

Podle této definice je zřejmé, že jedním z hlavních parametrů spolehlivosti je pravděpodobnost bezporuchové činnosti zařízení. V dnešní době se však tento pojem rozšířil i na další charakteristické podmínky provozu jako udržitelnost, opravitelnost, skladovací podmínky apod.

Pravděpodobnost je udávána zlomkem nebo procentem. Je to poměr množství pokusů, při kterých proběhla sledovaná událost, ku celkovému množství pokusů.

Spolehlivost [P] je pak poměr správně provedených funkcí ku celkovému počtu pokusů. Např. máme-li spolehlivost $P=98\%$ a celkový počet pokusů je 1000, můžeme očekávat 980 případů správných vypnutí vypínače a 20 selhání funkce přístroje.

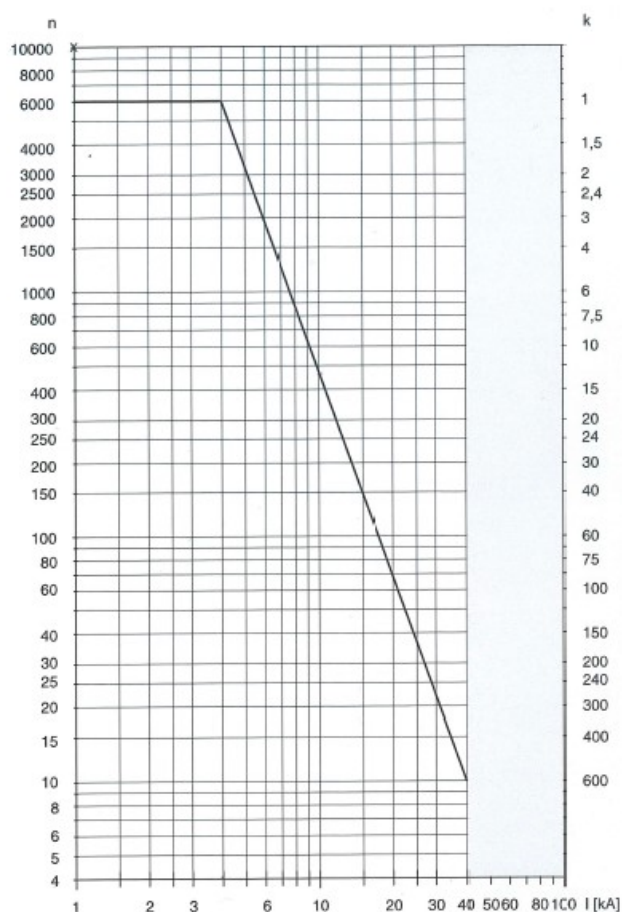
Poruchovost [Q] je poměr selhání přístroje ku celkovému počtu zkoušek. Určuje se z spolehlivosti pomocí vztahu $P+Q=1$.

Přiměřená činnost je stav zařízení, který splňuje definované podmínky pro požadovanou funkci zařízení.

Doba z definice je popsána jako časový interval, ve kterém zařízení musí splňovat danou spolehlivost. Doba se považuje jako jeden ze zásadních parametrů spolehlivosti a udává se např. v hodinách.

Pokud vypínač spíná impulsně, může být místo doby použit maximální povolený počet funkcí vypínače. Např. pokud je doba mezi revizemi 1 rok a předpokládá se, že vypínač za tento časový interval vykoná 200 zapnutí a vypnutí. Použijeme-li tento vypínač na speciální účely, např. spínání pece, a vykoná-li tento vypínač definovaný počet sepnutí, za kratší dobu, doba zde musí být přiměřeně zkrácena. [3]

Vztah mezi počtem vypnutí a vypínaným proudem vidíme v obrázku číslo 14. S rostoucí velikostí vypínaného proudu nám klesá povolený počet sepnutí. Viz. závislost z katalogu SIEMENS.



$$n_x = \frac{6000 - \sum_{i=1}^m (n_i \cdot k_i)}{k_x}$$

k_i Vyhodnovací koeficient pro vypínací proud I

n_x Vyhodnovací koeficient pro vypínací proud Ix

n_i Počet dosud provedených vypnutí při vypínacím proudu I

n_x Počet dosud provedených vypnutí při vypínacím proudu Ix

Obrázek 15 Závislost povoleného počtu vypnutí na velikosti vypínaného proudu a vztah pro výpočet maximálního povoleného počtu vypnutí [8]

Příklad

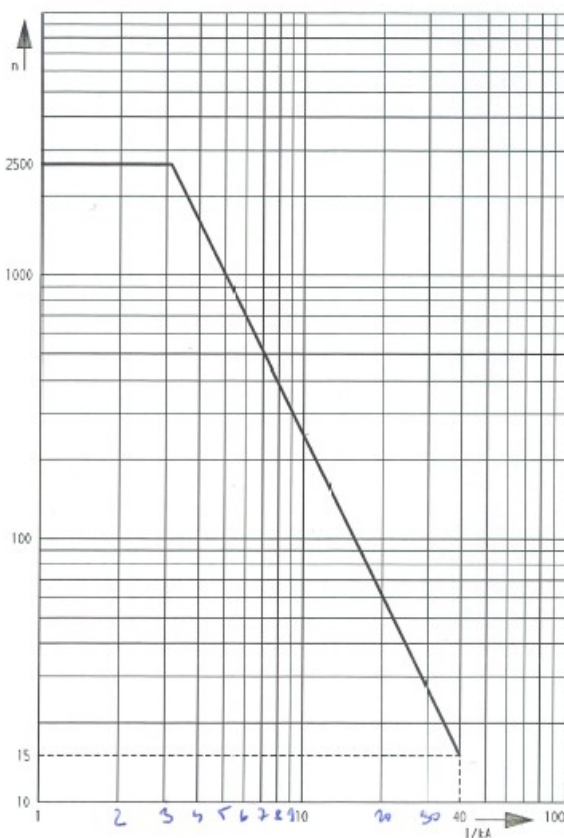
Vypínač se jmenovitým zkratovým vypínacím proudem 40 kA provedl 250 vypnutí vypínacím proudem $\leq 2,5$ kA, dále 2 vypnutí 20 kA. Kolik vypnutí je ještě přípustných?

$$n_{30} = \frac{6000 - (n_{2.5} \cdot k_{2.5} + n_{20} \cdot k_{20})}{k_{30}} = \frac{6000 - (250 \cdot 1 + 2 \cdot 86)}{286} = 19,5$$

Je přípustné provést ještě 19 vypnutí 30 kA. [8]

Katalog každého výrobce udává jinačí závislost počtu maximálního povoleného počtu sepnutí na velikosti vypínaného proudu a pouze firma SIEMENS využívá vztah s koeficienty pro různé vypínané hodnoty proudů. Proto navrhuji porovnávat jednotlivé vypínače a jejich zbytkovou životnost podle množství celkové propuštěné energie E.

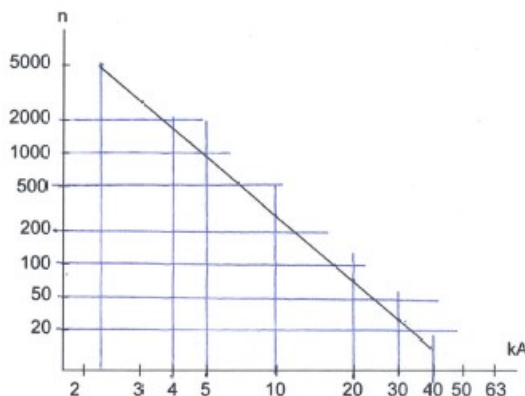
$$E = \int_0^t i^2 t \cdot dt$$



n Počet operací

kA Zkratový proud

Obrázek 16 Závislost počtu sepnutí na vypínaném proudu [8]



n Počet operací

kA Zkratový proud

Obrázek 17 Závislost počtu sepnutí na vypínaném proudu, katalog ABB [8]

5. Závěr

Ve své bakalářské práci jsem se zaměřil na zjišťování funkčního stavu vypínače vvn, jeho diagnostiku a zjišťování zbytkové životnosti přiřazeného vypínače z rekonstruované rozvodny v Albrechticích. V úvodu jsem popsal rozdělení vypínačů a konkrétní typy. Věnoval jsem se hlavně zapouzdřenému vypínači s SF₆.

Následně jsem se zaměřil na technickou diagnostiku a snažil se popsat možnosti zjišťování technického stavu spínacích přístrojů vvn. Popsal jsem primární testy jako statické měření odporu hlavní proudovovné dráhy, měření částečných výbojů v izolačním médiu, a zjišťování stavu tohoto média. Dále jsem popsal sekundární testy jako dynamické měření odporu DMR, měření vibračních charakteristik, měření dráhy pohybu kontaktů, měření časů vypínače, či měření proudu motoru pohonu vypínače.

Z protokolů diagnostického měření vypínače, kterého jsem se bohužel nemohl zúčastnit, jsem se snažil vyhodnotit stav daného přístroje. Nebyly mi však poskytnuty normy výrobce a výrobní dokumentace již neexistuje, mohu stav přístroje pouze usuzovat.

Nakonec jsem se zaměřil na zjišťování a porovnávání zbytkové životnosti a spolehlivosti přístrojů. Popsal jsem teorii i uvedl příklady z katalogů výrobců. Jelikož každý katalog uvádí jiné hodnoty, navrhl jsem řešení, které porovnává zbytkové spolehlivosti pomocí celkového množství energie ovlivňující vypínač.

6. Seznam použité literatury

- [1] HAVELKA, Otto. *Elektrické přístroje*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1985.
- [2] BÁRTA, Karel a Zdeněk VOSTRACKÝ. *Spínací přístroje velmi vysokého napětí*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1983.
- [3] NOVOTNÝ, Vladimír. *Využití elektronegativního plynu SF₆ v elektrotechnice*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1982. Knižnice technických aktualit.
- [4] Možnosti a metody diagnostiky oboustranně uzemněných vypínačů VN, VVN a ZVN, *Docplayer* [online]. 2009 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/15401435-Moznosti-a-metody-diagnostiky-obou-stranne-uzemnenych-vypinacu-vn-vvn-a-zvn.html>
- [5] POŘÍZ, Jaroslav. *Metody pro diagnostiku vypínače vvn*. Diplomová práce. VŠB Technická univerzita Ostrava.
- [6] *El-insta* [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://www.el-insta.cz/alstom-ge-sf6-vypinace/>
- [7] *Technická diagnostika, skripta*. VŠB Technická univerzita Ostrava.
- [8] Katalogy firmy SIEMENS, ABB, AEG
- [9] *Katalog SIEMENS* [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: https://w5.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/sektor_energy/prenos-energie/pristroje_vvn/vypinace/pages/vypinace_live_tank.aspx
- [10] *Katalog SIEMENS* [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: https://w5.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/sektor_energy/prenos-energie/pristroje_vvn/vypinace/pages/vypinace_dead_tank.aspx